特别说明

此资料来自百度文库（http://wenku.baidu.com/）

您目前所看到的文档是使用的**抱米花百度文库下载器**所生成

此文档原地址来自

http://wenku.baidu.com/view/55e7debf960590c69ec376c9.html

感谢您的支持

抱米花

http://blog.sina.com.cn/lotusbaob

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.com

FLUENT 求解应用

西北工業大學
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

Fluent解决问题的步骤

- 创建网格.
- 运行合适的解算器：2D、3D、2DDP、3DDP。
- 输入网格
- 检查网格
- 选择解的格式
- 选择需要解的基本方程：层流还是湍流（无粘）、化学组分还是化学反应、热传导模型等
- 确定所需要的附加模型：风扇，热交换，多孔介质等。
- 指定材料物理性质
- 指定边界条件
- 调节解的控制参数
- 初始化流场
- 计算解
- 检查结果
- 保存结果
- 必要的话，细化网格，改变数值和物理模型。

建立数值模型

- 选择合适的求解器
- 对选定的求解器需要设置下面的内容
  - 选择合适的物理模型
  - 定义材料属性
    - 流体
    - 固体
    - 混合体
  - 都所有边界指定边界条件
  - 建立初场
  - 设置求解控制选项
  - 设置残差监视选项

结果显示

- 图形的可视化显示
  - 显示流场整体的性态。
  - 是否有分离流。
  - 什么地方出现激波，边界层流动等。
  - 主要的流动特征是否己经解出。
  - 物理模型和边界条件是否合适。
- 数字报告工具用于给出计算的数字结果。
  - 升力和拉力。
  - 平均传热系数。
  - 某一参数的积分值。

Fluent的求解流程

- 读入网格文件　file/read/cas，读入*.msh
- 网格的检查　grid/check
- 求解器的选择　define/models/solver
- 材料属性的定义　define/materials
- 紊流模型的选择　define/models/viscous
- 操作压力的定义　define/operating condition
- 边界条件的定义　define/boundary condition
- 离散格式、松弛因子的选择　solve/control/solution
- 监控图的选择　solve/monitors/residual和
  solve/monitors/surface
- 计算的初始化　solve/initialize/initialize
- 计算的迭代　solve/iterate
- 计算结果的后处理　display/contours、display/vectors、Plot/XY
  Plot、report/surface integrals

求解器的选择

- 二者都可用于广泛的流体计算，但一般情况下：
  - segregated ：适用于不可压及微可压流。只使用隐式格式。
  - coupled ：适用于高速可压流，有强体积力的耦合流以及密网格问题。耦合求解流动和能量方程，可以快速收敛。
  - coupled implicit 格式内存需要量大，如果内存不够可以使用coupled explicit，同样也是耦合求解流动和能量方程，但收敛速度较慢。

材料属性的定义

- 材料属性可能会包括:
  菜单Define ⌫ Material
  - 密度或者分子量
  - 粘性
  - 比热容
  - 热传导系数
  - 质量扩散系数
  - 标准状态焓
  - 分子运动论中的各个参数
- 如果数据库中没有你所要使用的材料，可以简单的为当前列表创建材料。

操作压力

Density Relationship	Mach Number Regime	Operating Pressure
Ideal Gas Law	$M > 0.1$	0 or ≈ Mean Flow Pressure
	$M < 0.1$	≈ Mean Flow Pressure
Profile Function of Temperature	Incompressible	not used
Constant	Incompressible	not used
Incompressible Ideal Gas Law	Incompressible	≈ Mean Flow Pressure

操作压力的推荐设定

默认的操作压力为101325 Pa

菜单: Define/Operating Conditions

湍流模型

FLUENT 提供了以下湍流模型:

- Spalart-Allmaras 模型
- k-ε模型
  - 标准k-ε模型
  - Renormalization-group (RNG) k-ε模型
  - 带旋流修正k-ε模型
- k-ω模型
  - 标准k-ω模型
  - 压力修正k-ω模型
  - 雷诺兹压力模型
  - 大漩涡模拟模型

湍流模型

- 实际上没有一种湍流模型能适合所有的流动情况。对湍流模型的选择依赖于流动中包含的物理情况，对特定问题已有的经验，对精度的要求，计算机的计算能力，能够花费的分析时间等。

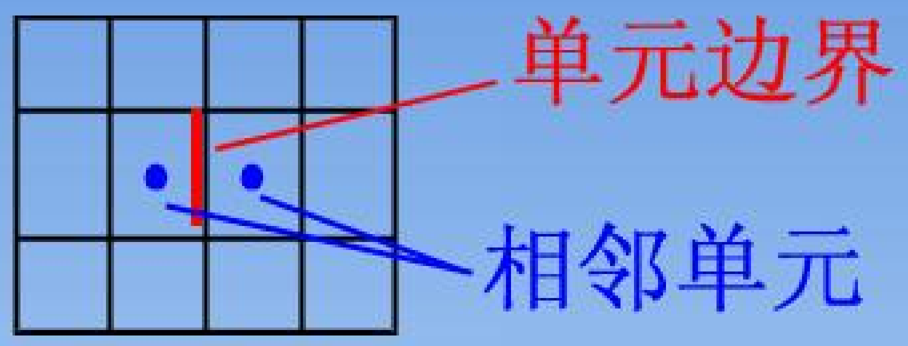
- 以上模型中Spalart-Allmaras模型由于只有一个方程，所以要求计算机资源最少。而标准k-ε模型要求比Spalart-Allmaras模型高，realizable k-ε模型又比标准k-ε模型要求高一些。而RNG k-ε模型比标准k-ε模型多耗CPU时间10－15%。由于有更多的雷诺应力输运方程，RSM多耗50－60%的CPU时间和15－20%的内存。

离散格式的选择

- 在FLUENT中可以选择控制方程中对流项的离散方法。有四种方法可以选择：FirstOrder、Second Order、QUICK、Power
  - 当流动方向与网格相一致时(如：使用四边形或六面体网格的管内层流问题)，一阶迎风格式就可以了，但一阶格式会增加计算中的数值扩散错误。
  - 当流动方向不与网格相一致时(如：流动方向倾斜的穿过网格线)，或使用三角形、四面体网格，应使用二阶格式以获得更高精度的解。在使用四边形或六面体网格的复杂流场时，也可以使用二阶格式以获得更高精度的解。
  - 当使用四边形或六面体网格，流场有旋转或旋涡时QUICK格式可能会比二阶格式精度更高。
  - Power格式精度与一阶格式相当

离散格式的选择

- 一阶格式：计算单元边界值只用到相邻单元的值。
  - 收敛较快，精度较差。



- 二阶格式：计算单元边界值用的相邻单元和其它邻近单元值。
  - 收敛较慢，精度较高。
  - 特别是对三角形/四面体网格计算的精度较高。
  - 当流体方向与网格排列方向不一致时，一阶格式会产生较大的离散误差。
- 通常，应该尽量使用二阶计算的结果

压力的插值方法(segregated中使用)

- 动量方程中的压力，缺省方法是用插值得到，当压力变化较平稳时，可得到较好的结果。当在控制体间出现较大的动量梯度时，这种方法会出现较大的偏差。当流体具有大的体积力时，如强旋涡流，高雷诺数的自然对流，这种方法计算时也会出现困难。此外，FLUENT默认壁面法向方向压力梯度为0，这对边界层是合理的，但对于存在体积力或壁面有曲率时会出现错误。当标准压力插值方法不正确时，可使用以下方法:
  - 线性插值，用相邻单元的压力平均值作为面压力值。
  - 二次方法，提供了比标准及线性插值更好的方法，但在计算开始时使用或对于质量不好的网格会出现计算困难。

压力的插值方法(segregated中使用)

- 体积力分数计算(body-force-weighted)，此方法计算面压力时假设体积力和压力间差值梯度为常数，当体积力在先前的动量方程中可得到时，此方法较好，如浮力和轴对称旋转计算。
- PRESTO(PREssure STaggering Option) 法，此方法只用于四变形和六面体网格。

◆ 计算中包含将体积力应使用body-force-weighted法。当有强旋涡流、高雷诺数自然对流、高速旋转流、多孔渗水流或流体流过大的弯曲的区域时可用PRESTO法。对可压流，使用二次方法。当其它方法不适用时可考虑用二次方法提高精度，例如当流体流过弯曲边界，而又使用的是非四边形，六面体网格时。

速度－压力耦合方法(segregated使用)

- FLUENT提供了3种速度－压力耦合方法：SIMPLE，SIMPLEC(SIMPLE-Consistent)和 PISO。
  - SIMPLE，SIMPLEC通常用于稳态计算，瞬态计算推荐使用PISO。
  - 当网格比较歪斜时，无论稳态或瞬态计算使用PISO方法比较好。
  - FLUENT默认使用SIMPLE方法，但当对于较简单的问题（层流且无其它物理模型）计算的收敛注意受速度－压力耦合的影响，这时可以使用SIMPLEC方法，将下松弛因子设为1.0,以加速收敛。但有些时候这会引起计算不稳定。

速度－压力耦合方法(segregated使用)

- 当需要保守的方法时，可用SIMPLE。当流场复杂时（包含湍流或其它物理模型），计算收敛常受其它因素影响，这时使用SIMPLE和SIMPLEC方法的收敛性都相同。
- 瞬态计算使用PISO可以使用较大时间步长，可将所有方程的下松弛因子设为1.0。而对于歪斜很严重的网格，应将动量，压力方程的下松弛因子之和为1(如:压力方程下松弛因子设为0.3,动量方程设为0.7。

亚松弛因子

- 对非线性方程使用迭代求解。
- 为了使求解稳定，使用亚松弛因子使变量在两次迭代间的变化减小。

$$\phi_P = \phi_{P,\mathrm{old}} + \alpha \Delta \phi_P$$

α：亚松弛因子。

  - 例如，设亚松弛因子为0.2，就限制变量 ϕ_P 每次迭代只能改变20%。
- 默认的亚松弛因子值对大部分的问题都是适用的，但对一些显著的非线性问题(如：某些湍流和高雷诺数自然对流)可考虑适当的减少因子值。

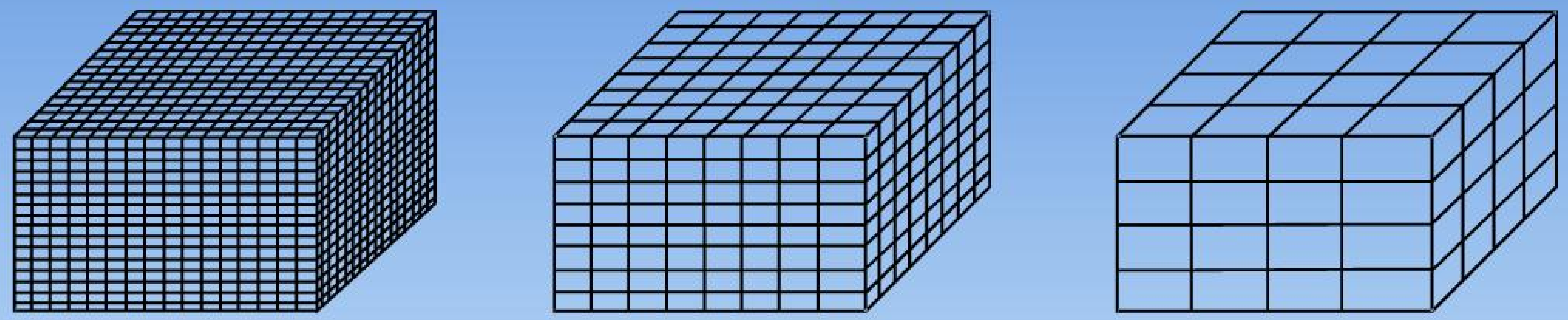
西北工業大學 NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

多重网格

- 多重网格在一下方面的计算可以加速收敛:
  - 网格单元数很多。
  - 网格单元长宽比较大。
    - 例如，△x/△y > 20 左右。
  - 热传递率有很大差异。
    - 例如连接热传递。
  - 多重网格与结构和非结构网格概念基本相同，只是执行计算时有所不同。

多重网格概念

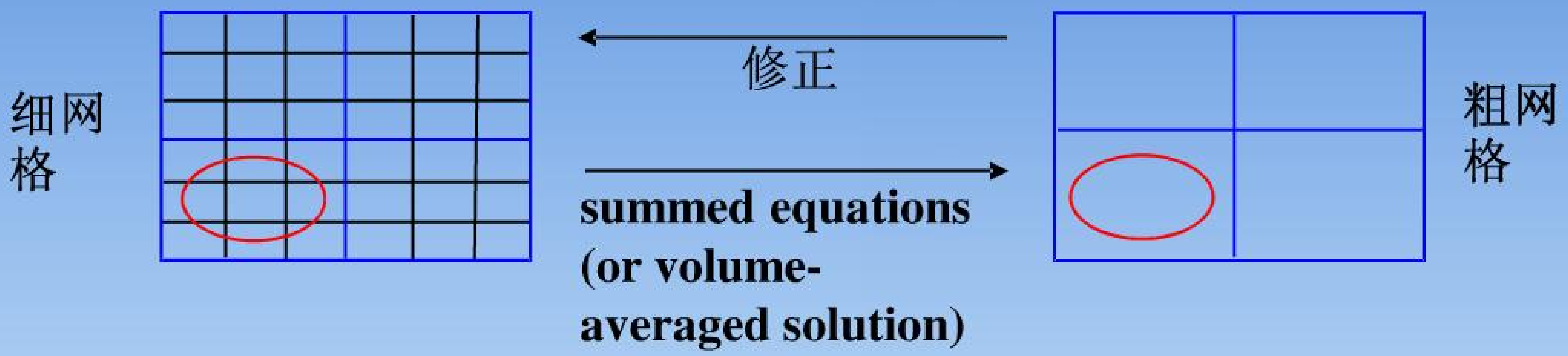
- 多重网格使用从细到粗的一系列网格。
  - 选择好网格系列的数目，求解器会自动生成这一系列网格。



original grid　　coarse grid level 1　　coarse grid level 2

  - 使用粗网格比使用细网格可以使边界信息的影响更快的传递到网格内部节点上。
    - 在计算域内，粗网格节点间靠得更近，空间中的计算单元更少有利于信息传播，加速收敛。
  - 但是细网格可以提高精度。

- 使用粗网格上的计算结果作为细网格计算的起始点。
  - 粗网格计算结果包含了边界条件和远处节点的影响。
  - 以此为细网格计算起始可以加速收敛。



  - 最后可以得到细网格上的解。
    - 中间过程的粗网格计算仅仅是为了加速收敛，并且不改变最后结果。

Coupled Solver中的克朗数设置

- 计算中时间步长△t 由克朗数CFL (Courant-Friedrichs-Lewy)计算得到:

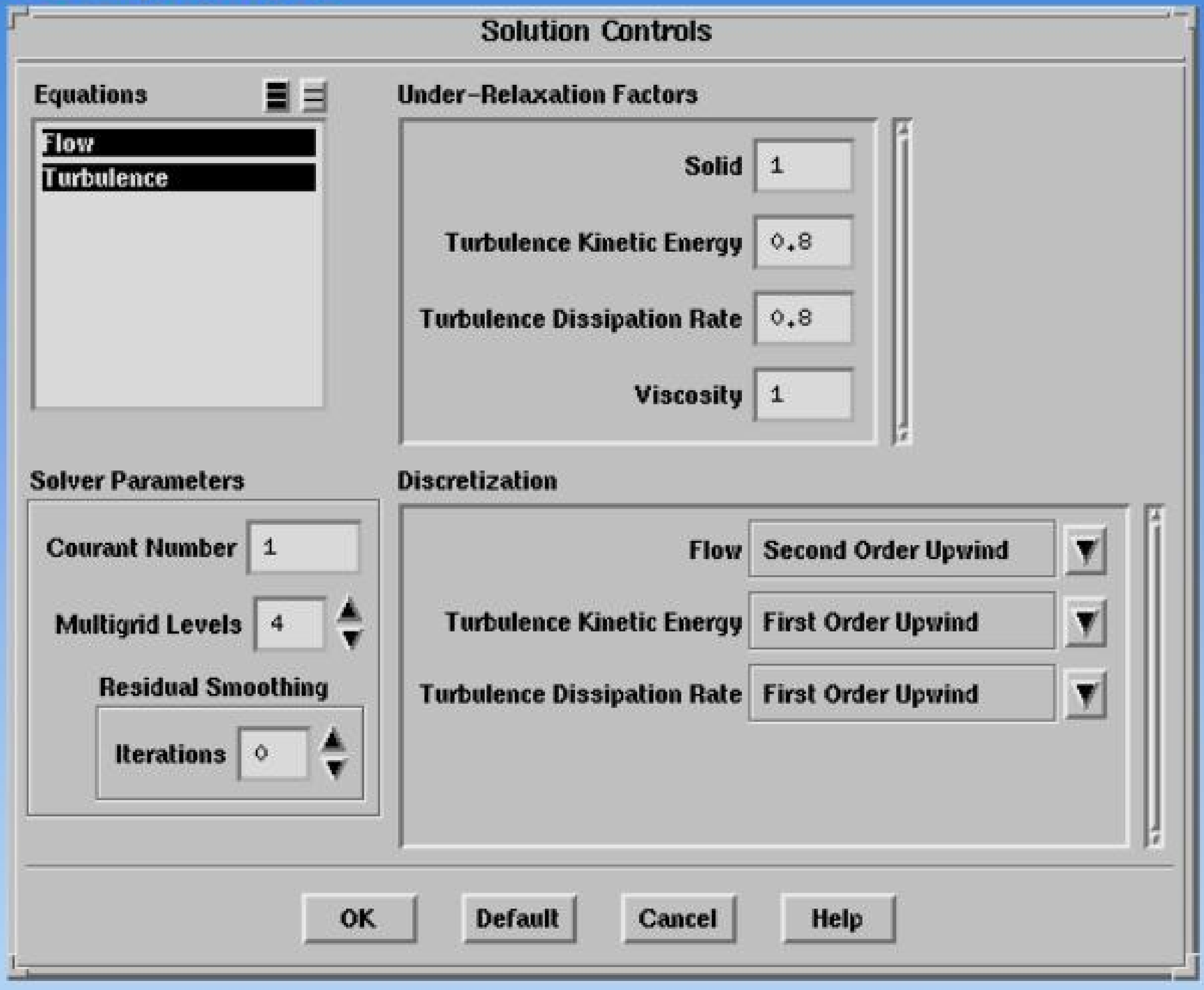
$$\Delta t = \frac{(CFL)\Delta x}{u}$$

其中

CFL ：克朗数
u：速度尺度
Δx：网格间隔

- 通常在coupled/explicit solver中
  - 由于稳定性限制，克朗数（Courant number）一般不能大于2.0，默认值为1.0。
  - 对复杂的物理问题可能还需要进一步减小克朗数。比如，高马赫数流动。
  - 对显式非稳态问题，要定义时间步长△t 。
- 在coupled/implicit solver中
  - 克朗数可以设置到10，100，甚至更高。
  - 当出现发散时，多重网格求解能够减小克朗数。

增大克朗数加速收敛



- 如果计算中残差出现下列情况可以增大克朗数加速收敛。
  - 单调减小。
  - 轻微振荡，但任减小。
- 菜单：Solve ⌫ Controls ⌫ Solution...

设置合理初场

- 求解前对所有要求解的变量赋初值。

  菜单Solve⌫ Initialize ⌫ Initialize…

  - 增强求解稳定性。
  - 某些情况下，必须给出真确的初值。
    - 例如在喷管计算中就得不到超音速流结果除非给出超音速初场。
- 对单独变量在给定区域内给出补充初场。

  菜单Solve ⌫ Initialize ⌫ Patch…

  - 对自由喷射流，可以事先给出高速初场。
  - 燃烧计算，可以给出高温初场。
- 从以前的结果开始新的计算。

从以前的结果开始计算

- 但求解问题的某些条件发生改变时，可以把以前的结果作为初场条件开始新的计算，有利于计算的收敛。

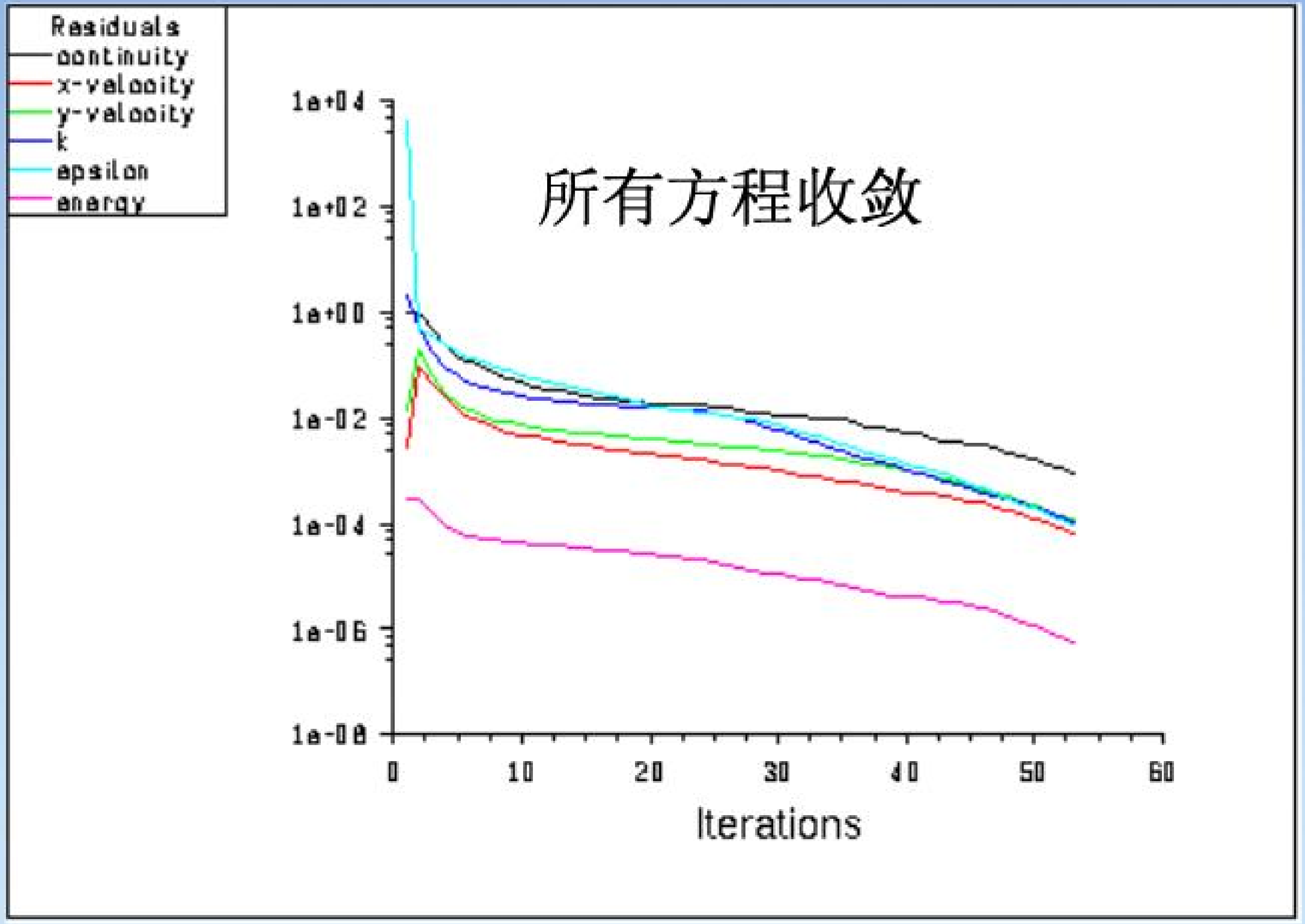
Calculation	Initial Condition
可压流	不可压流结果
有热传递流动	等温流结果
自然对流	低 Ra 数流动结果
燃烧	冷流结果
湍流	Euler 流结果
密网格求解	疏网格计算结果

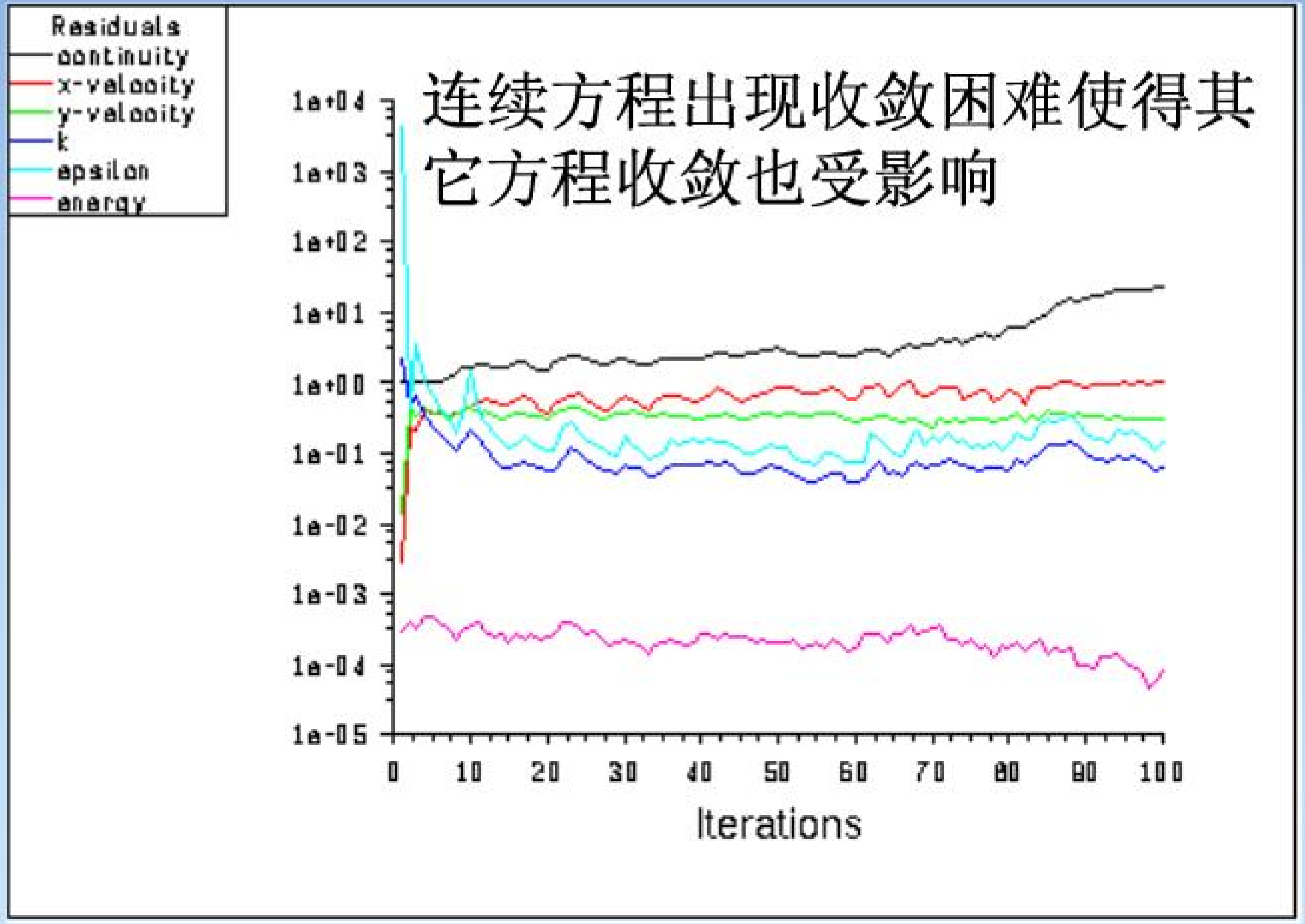
判断收敛

- 通常收敛残差限为1e10^{-3}。
- 例外
  - 使用segregated求解，能量残差应设为1e10^{-6}。
  - 使用segregated求解，组分残差也应减小使到达组分平衡。
- 监视其它变量值或平衡情况，以确定是否收敛。

残差图

- 这里的残差图显示
  - 左图显示残差值到达指定的容差。
  - 右图显示存在收敛困难。





加速收敛

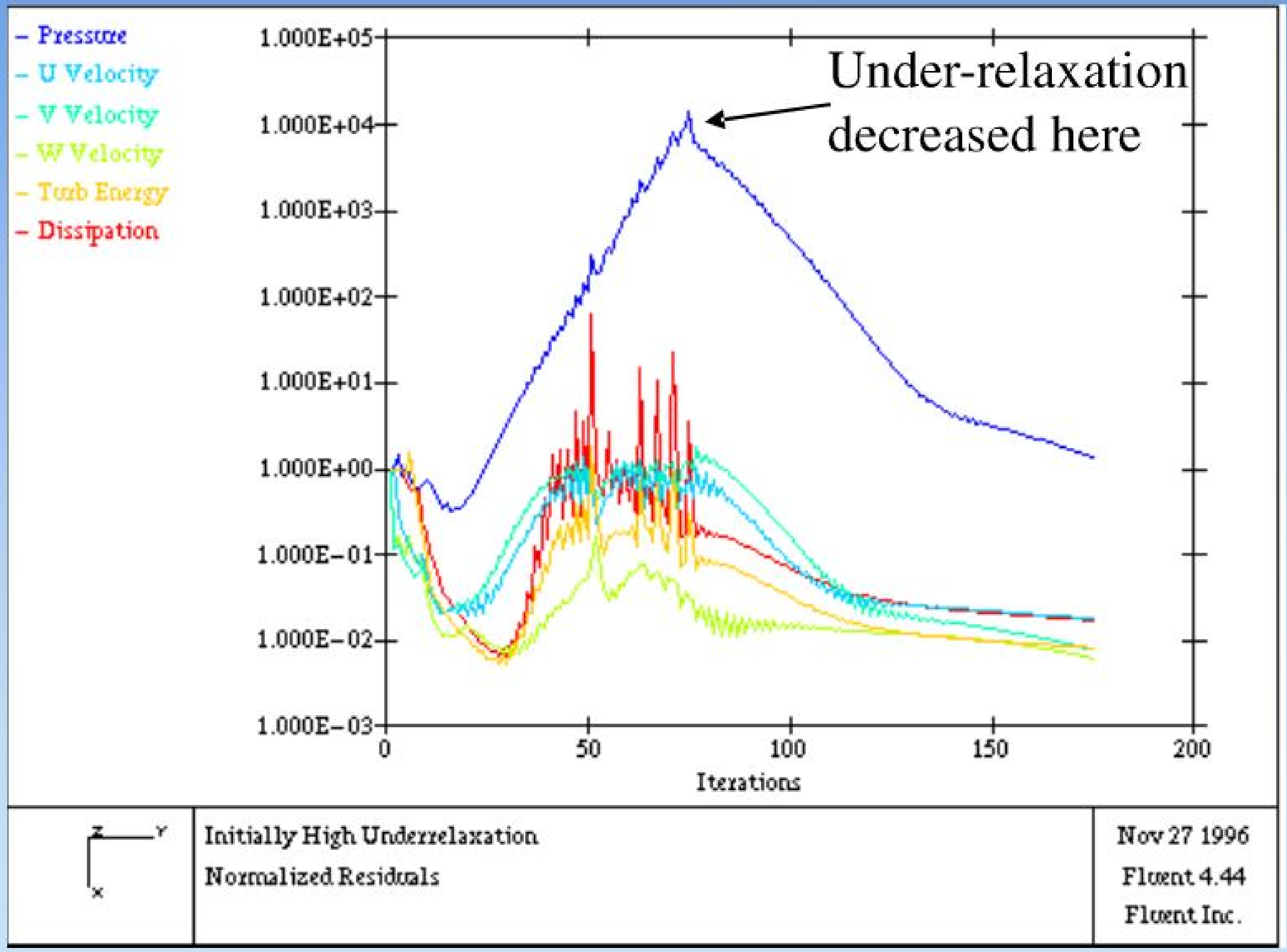
- 使用以下方法加速收敛。
  - 设置更合理的初场。
  - 调整亚松弛因子参数或改变克朗数(coupled solver) 。
  - 调整多层网格设置。

稳定性

- 如果残差增大或不变，应该进行保守的设置。
  - 对收敛困难的方程减小亚松弛因子。(segregated solvers)
  - 减小克朗数。(coupled solver)
  - 调整多重网格参数。
  - 先使用一次离散精度计算出初值，在进一步用二阶精度计算。

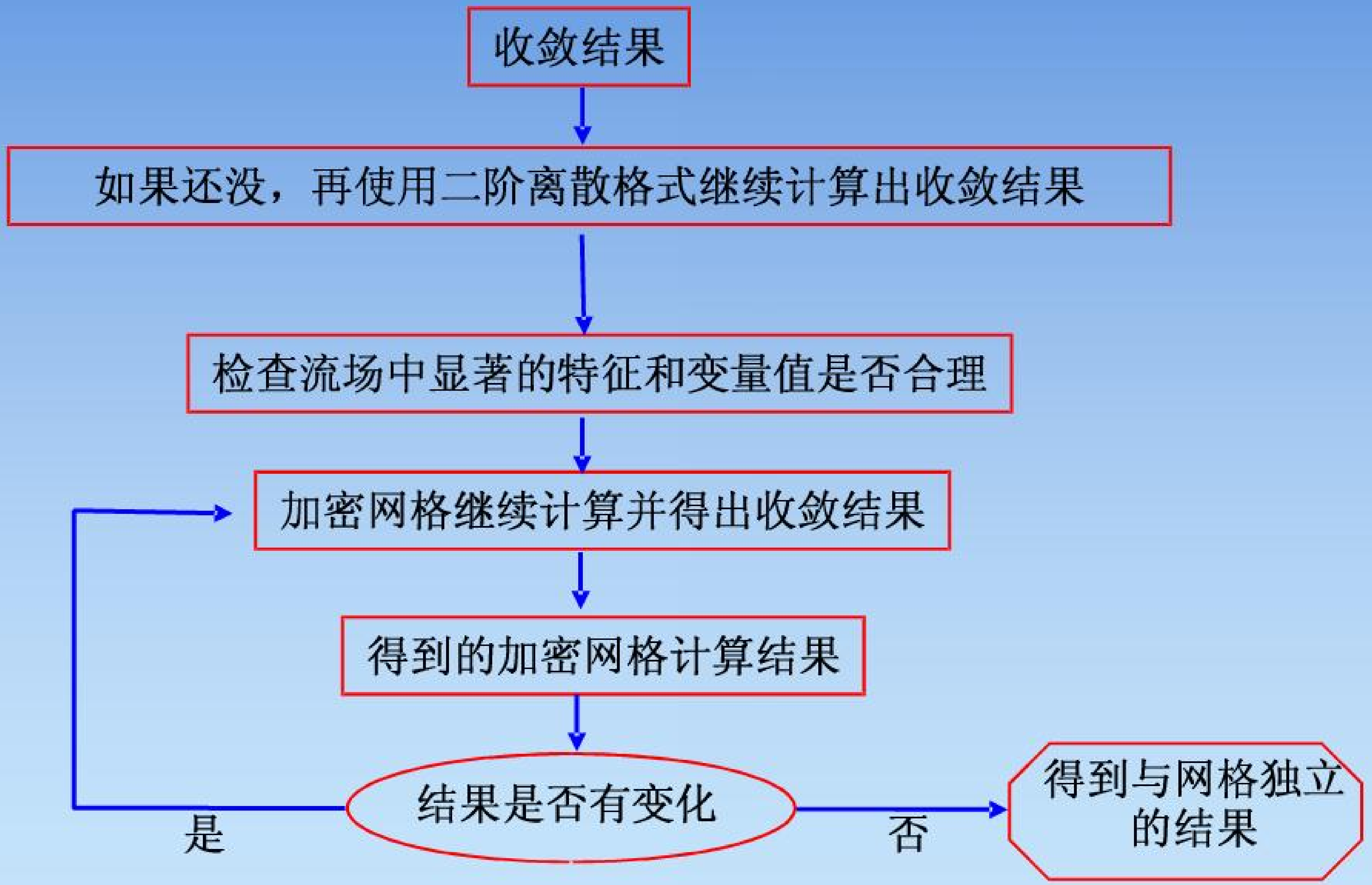
增强稳定性例子

- 残差图显示减小亚松弛因子后收敛性得到改善。



精确性

- 当得到收敛结果后，需要确定结果的精确性。



判断结果是否具有网格独立性

- 对比不同网格下的计算结果判断结果是否具有网格独立性。
  - 总体的压力下降。（菜单：Report ⌫ Surface ⌫ Integrals...）
  - 总体传热系数。（菜单：Report ⌫ Surface ⌫ Integrals...）
  - 升力、拉力、力矩系数。（菜单：Report ⌫ Forces...）
  - 变量在某一点或某一面上的均值。（菜单：Report ⌫ Surface Integrals...）
    - 如在特征位置上的平均出口压力、温度等。
  - 变量沿指定线上的变化情况。（菜单：Plot ⌫ XY Plot...）
  - 流动情况是否与预期的相符。（使用数字和图像报告）

计算结果的后处理

- 计算域的几何模型及网格显示

  菜单 display/grid

- 矢量图(如速度矢量线)

  菜单 display/vector

- 等值线图、填充型的等值线图(云图)

  菜单 display/contours

- XY散点图

  菜单 Plot/XY Plot

- 粒子轨迹图

  菜单 Display/Path Line

- 截面的建立

  菜单 Surface/Iso－surface， Surface/Iso－clip， Surface/point，Surface/Plane

- 报告的生成

  菜单report/surface integrals

小节

- segregated 和 coupled solvers有相同的求解过程:
  - 计算直到结果收敛。
  - 二阶方法得到较高精度的结果。（推荐使用）
  - 加密网格继续计算直到得到的结果与网格无关。
- 所有的求解器都提供了判断和提高收敛性和稳定性的工具。
- 所有的求解器都提供了检查和提高精度的工具。
- 注意：结果的精度很大程度上取决于物理模型和边界条件的选取是否合适。